

基于灰色层次理论的敌空袭主攻方向的判定

任 栋 曹泽文

(国防科学技术大学信息系统与管理学院 长沙 410073)

摘 要 正确判定敌空袭主攻方向是定下防空作战决心的基础,也是兵力配置的重要依据。通过运用灰色层次分析的方法,建立了判定敌空袭主攻方向的数理模型,以期作战指挥员做出科学、有效的决策提供一定的支持。

关键词 防空作战,空袭主攻方向,灰色层次理论

Judging Main Orientation of Enemy Air Attack Based on Grey Hierarchical Theory

REN Dong CAO Ze-wen

(College of Information System & Management, NUDT, Changsha 410073, China)

Abstract Judging right main orientation of enemy air attack is the foundation of deciding aerial defence battle and the important gist of deploying troops. Through making use of Grey Hierarchical Theory choose method, the quantificational model of judging main orientation of enemy air attack was established to support commander to make scientific and effective decision.

Keywords Air defense battle, Main orientation of air attack, Grey hierarchical theory

1 引言

敌空袭的主攻方向是指敌机从轰炸航路起点进入攻击目标的航向。在防空作战指挥中,正确判定敌空袭主要方向,便于指挥员有重点地组织防空部署,尽量降低敌空袭效果,最大限度地减少己方损失,是指挥员定下决心的基础,也是兵力配置的重要依据^[1]。因此,搞好要地防空群对敌主要空袭方向的判断,对充分发挥防空群的作战效能和确保被保卫目标的安全都有很重要的意义。未来战争中,空袭与反空袭的尖锐对抗,使得防空兵作战指挥对精确度的要求越来越高,以往靠指挥员凭经验定性判断敌空袭方向的做法已经不适应信息化

条件下的防空作战。本文从定量分析的角度出发,对影响敌主攻方向选定的各种因素进行综合分析,利用灰色层次理论解决了定量判断敌主攻方向的问题。

2 敌主攻方向选取因素的层次结构模型

影响敌对要地空袭目标选取的因素很多,我们对其中不确定的因素进行分析,从诸多因素中选择影响较大的因素而忽略次要因素进行研究。我们主要考虑目标周围地形条件、气象条件、被保卫目标形状、敌机场(航空母舰)的位置等 6 个因素^[2],其层次结构如图 1 所示。

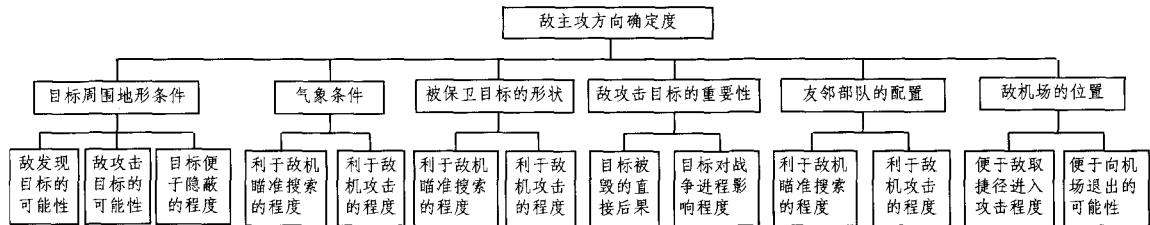


图 1 影响敌选取主攻方向因素的层次结构图

2.1 目标周围地形条件(U_1)

目标周围地形条件对敌主攻方向选取的影响主要体现在以下方面:

- (1) 敌发现目标的可能性(U_{11});
- (2) 敌攻击目标的可能性(U_{12});
- (3) 目标便于隐蔽的程度(U_{13})。

2.2 气象条件(U_2)

气象条件对敌主攻方向选取的影响主要体现在有利于敌机瞄准搜索的程度(U_{21})和有利于敌机攻击的程度(U_{22})。

2.3 被保卫目标的形状(U_3)

被保卫目标形状对敌主攻方向选取的影响主要体现在敌空袭武器便于水平攻击的可能性(U_{31})和便于俯冲攻击的可能性(U_{32})。

2.4 敌攻击方向目标的重要性(U_4)

敌攻击方向目标重要性对敌主攻方向选取的影响主要体现在目标被毁的直接后果(U_{41})和目标对战争进程的影响程度(U_{42})。

2.5 友邻防空部队的配置(U_5)

友邻防空部队的配置对敌主攻方向选取的影响主要体现在敌空袭兵器进入方向的火力密度(U_{51})和退出方向的火力密度(U_{52})。

2.6 敌机场(航母位置)的位置(U_6)

机场(航母位置)的位置对敌主攻方向选取的影响主要体现在便于敌空袭武器取捷径进入攻击的程度(U_{61})和便于向机场(航空母舰)退出的可能性(U_{62})。

3 灰色层次分析模型^[3-5]

设敌空袭方向有 q 个, 序号为 $s(s=1, 2, \dots, q)$, $W^{(s)}$ 代表第 s 个敌空袭方向的综合评价值, 则灰色层次分析的具体步骤如下:

- (1) 制定分析指标 V_{ij} 的评分等级标准。
- (2) 运用层次分析法(AHP)建立判断矩阵, 求解出 U_i 和 V_{ij} 的权重。
- (3) 组织专家评分。
- (4) 求分析指标值矩阵。

(5) 确定评价灰类: 就是确定评价灰类的等级数、灰类的灰数以及类数的白化权函数。分析上述指标 V_{ij} 的评分等级标准, 决定设定 5 个评价灰类, 灰类序号为 e , 即 $e=1, 2, 3, 4, 5$, 分别是极可能、很可能、有可能、稍可能、不可能, 相应的灰数及其白化权函数如下:

第 1 种: 灰类($e=1$), 灰数 $\otimes_1 \in [d_1, \infty]$, 白化权函数 f_1 , 如图 2(a)所示:

$$f_1(d_{ijk}^{(s)}) = \begin{cases} \frac{d_{ijk}^{(s)}}{d_1}, & d_{ijk}^{(s)} \in [0, d_1] \\ 1, & d_{ijk}^{(s)} \in [d_1, \infty] \\ 0, & d_{ijk}^{(s)} \in (-\infty, 0] \end{cases}$$

第 2 种: 灰类($e=2, 3, 4$), 灰数 $\otimes_2 \in [0, d_1, 2d_1]$, 其白化权函数为 f_2 , 如图 2(b)所示:

$$f_2(d_{ijk}^{(s)}) = \begin{cases} \frac{d_{ijk}^{(s)}}{d_1}, & d_{ijk}^{(s)} \in [0, d_1] \\ \frac{d_{ijk}^{(s)} - 2d_1}{-d_1}, & d_{ijk}^{(s)} \in [d_1, 2d_1] \\ 0, & d_{ijk}^{(s)} \notin [0, d_1] \end{cases}$$

第 3 种: 灰类($e=5$), 灰数 $\otimes_3 \in [0, d_1, 2d_2]$, 白化权函数为 f_3 , 如图 2(c)所示:

$$f_3(d_{ijk}^{(s)}) = \begin{cases} 1, & d_{ijk}^{(s)} \in [0, d_1] \\ \frac{d_{ijk}^{(s)} - 2d_1}{-d_1}, & d_{ijk}^{(s)} \in [d_1, 2d_1] \\ 0, & d_{ijk}^{(s)} \in [0, d_1] \end{cases}$$

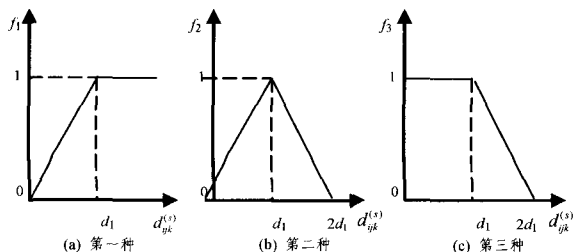


图 2 灰数及白化权函数

(6) 计算灰色评价系数: 对于评价指标 V_{ij} , 第 s 个敌可能的空袭方向属于第 e 个评价灰类的灰色评价系数, 记为 $x_{ije}^{(s)}$, 则有

$$x_{ije}^{(s)} = \sum_{k=1}^5 f_e(d_{ijk}^{(s)})$$

对评价指标 V_{ij} , 第 s 个敌可能的空袭方向属于各个评价灰类的灰色评价系数, 记为 $x_{ij}^{(s)}$, 则有

$$x_{ij}^{(s)} = \sum_{e=1}^5 x_{ije}^{(s)}$$

(7) 计算灰色评价权向量及矩阵: 所有评价专家就评价指标 V_{ij} 对第 s 个敌可能的空袭方向主张第 e 个灰类的灰色评价权记为 $r_{ije}^{(s)}$, 则

$$r_{ije}^{(s)} = \frac{x_{ije}^{(s)}}{x_{ij}^{(s)}}$$

考虑到灰类有 5 个, 即 $e=1, 2, 3, 4, 5$, 便有第 s 个敌可能的空袭方向的评价指标 V_{ij} 对于各灰类灰色评价权向量 $r_{ij}^{(s)}$:

$$r_{ij}^{(s)} = (r_{ij1}^{(s)}, r_{ij2}^{(s)}, r_{ij3}^{(s)}, r_{ij4}^{(s)}, r_{ij5}^{(s)})$$

从而得第 s 个敌可能的空袭方向的 U_i 所属指标 V_{ij} 对各评价灰类的灰色评价权矩阵 $R_i^{(s)}$:

$$R_i^{(s)} = \begin{Bmatrix} r_{i11}^{(s)} \\ r_{i21}^{(s)} \\ \vdots \\ r_{im1}^{(s)} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} r_{i11}^{(s)} & r_{i12}^{(s)} & \cdots & r_{i15}^{(s)} \\ r_{i21}^{(s)} & r_{i22}^{(s)} & \cdots & r_{i25}^{(s)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{m1}^{(s)} & r_{m2}^{(s)} & \cdots & r_{m5}^{(s)} \end{Bmatrix}$$

(8) 对 U_i 做综合评价: 对第 s 个敌可能的空袭方向的 U_i 做综合评价, 其综合评价结果记为 $B_i^{(s)}$, 则有

$$B_i^{(s)} = A_i \cdot R_i^{(s)} = (b_{i1}^{(s)}, b_{i2}^{(s)}, b_{i3}^{(s)}, b_{i4}^{(s)}, b_{i5}^{(s)})$$

(9) 对 W 做综合评价: 由 U_i 的综合评价结果 $B_i^{(s)}$ 得第 s 个敌可能的空袭方向的 W 所属的指标 U_i 对各评价灰类的灰色评价权矩阵 $R^{(s)}$:

$$R^{(s)} = \begin{Bmatrix} B_1^{(s)} \\ \vdots \\ B_m^{(s)} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} b_{11}^{(s)} & b_{12}^{(s)} & \cdots & b_{15}^{(s)} \\ b_{21}^{(s)} & b_{22}^{(s)} & \cdots & b_{25}^{(s)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ b_{m1}^{(s)} & b_{m2}^{(s)} & \cdots & b_{m5}^{(s)} \end{Bmatrix}$$

于是对于第 s 个敌可能的空袭方向 W 做综合评价, 其评价结果记为 $B^{(s)}$, 则有

$$B^{(s)} = A \cdot R^{(s)} = \begin{Bmatrix} A_1 \cdot R_1^{(s)} \\ A_2 \cdot R_2^{(s)} \\ \vdots \\ A_m \cdot R_m^{(s)} \end{Bmatrix} = (b_1^{(s)}, b_2^{(s)}, \dots, b_5^{(s)})$$

(10) 计算综合评价并排序: 设将各评价灰类等级按“灰水平”(阈值)赋值, 即第一灰类“极可能”取 9, 第二灰类“很可能”取 7, 第三灰类“有可能”取 5, 第四灰类“稍可能”取 3, 第五灰类“不可能”取 1, 则各评价灰类等级值化向量 $C = (9, 7, 5, 3, 1)$ 。于是, 第 s 个敌可能的空袭方向的综合评价值 $W^{(s)}$ 按下式计算:

$$W^{(s)} = B^{(s)} \cdot C^T$$

式中 C^T 为评价灰类等级值化向量的转值。

求出综合评价值 $W^{(s)}$ 以后, 根据 $W^{(s)}$ 大小给 q 个敌可能的空袭方向进行排序。

4 应用举例

下面以某要地防空群参加某城市要地防空作战为战术背景, 介绍灰色层次分析模型在判定敌空袭主要方向中的运用。我们把敌可能来袭的方向分为东、东南、南 3 个方向, 分别编为 1[#], 2[#], 3[#], 按影响敌选取主攻方向因素的层次结构(图 1 所示), 采用灰色层次理论对敌主攻方向进行分析的步骤如下:

(1) 制定分析指标 V_{ij} 的评分等级标准: 针对各个指标在影响敌主攻方向选择上的重要程度, 对各个指标进行打分。将分析指标 V_{ij} ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$) 的可能等级制定为 5 级评分标准, 并分别赋值(评分) 9, 7, 5, 3, 1。指标等级介于两相邻之间时, 评分为 8, 6, 4, 2。

(2) 确定分析指标 U_i 和 V_{ij} 的权重: 利用层次分析法(AHP)确定分析指标 U_i 的权重集为

$$A = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6) = (0.218, 0.120, 0.353, 0.120, 0.120, 0.069)$$

分析指标 V_{1j} ($j=1, 2, 3$) 的权重集为

$$A_1 = (a_{11}, a_{12}, a_{13}) = (0.5, 0.25, 0.25)$$

同理, $A_2 = (a_{21}, a_{22}) = (0.333, 0.667)$, $A_3 = (a_{31}, a_{32}) = (0.5, 0.5)$, $A_4 = (a_{41}, a_{42}) = (0.333, 0.667)$, $A_5 = (a_{51}, a_{52}) = (0.5, 0.5)$, $A_6 = (a_{61}, a_{62}) = (0.667, 0.333)$

(3) 组织军事专家评分: 有 7 位军事专家进行评分, 即 $k=1, 2, \dots, 7$, 各专家按分析指标评分等级标准打分, 并填写专家评分表(略)。

(4) 求分析样本矩阵: 根据 7 位专家所填写的评分表, 求得分析样本矩阵 $D^{(1)}$, $D^{(2)}$ 和 $D^{(3)}$:

$$D^{(1)} = \begin{pmatrix} 9 & 8 & 7 & 7 & 5 & 6 & 5 \\ 5 & 4 & 5 & 4 & 5 & 7 & 7 \\ 4 & 5 & 3 & 5 & 4 & 7 & 5 \\ 5 & 4 & 5 & 7 & 3 & 5 & 5 \\ 9 & 7 & 5 & 7 & 7 & 9 & 8 \\ 5 & 7 & 7 & 8 & 9 & 7 & 5 \\ 5 & 7 & 7 & 5 & 9 & 8 & 7 \\ 5 & 3 & 5 & 7 & 7 & 5 & 5 \\ 5 & 7 & 3 & 5 & 7 & 5 & 7 \\ 8 & 5 & 7 & 8 & 6 & 8 & 7 \\ 7 & 6 & 8 & 7 & 6 & 5 & 8 \\ 5 & 8 & 6 & 8 & 8 & 6 & 7 \\ 6 & 8 & 8 & 7 & 4 & 8 & 6 \end{pmatrix} \quad D^{(2)} = \begin{pmatrix} 9 & 8 & 9 & 7 & 7 & 9 & 5 \\ 7 & 5 & 5 & 7 & 4 & 7 & 5 \\ 7 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 7 \\ 5 & 3 & 4 & 7 & 5 & 7 & 9 \\ 7 & 5 & 7 & 9 & 7 & 6 & 5 \\ 8 & 7 & 9 & 8 & 9 & 9 & 8 \\ 9 & 8 & 6 & 9 & 9 & 7 & 6 \\ 7 & 9 & 8 & 7 & 5 & 7 & 5 \\ 7 & 7 & 9 & 8 & 7 & 5 & 7 \\ 9 & 6 & 8 & 9 & 7 & 9 & 8 \\ 8 & 7 & 9 & 8 & 6 & 5 & 8 \\ 6 & 9 & 7 & 9 & 8 & 7 & 7 \\ 7 & 8 & 9 & 8 & 5 & 9 & 7 \end{pmatrix}$$

$$D^{(3)} = \begin{pmatrix} 9 & 7 & 5 & 7 & 7 & 5 & 9 \\ 8 & 7 & 7 & 5 & 7 & 9 & 5 \\ 5 & 3 & 5 & 7 & 3 & 5 & 5 \\ 7 & 8 & 5 & 9 & 7 & 6 & 5 \\ 9 & 8 & 7 & 7 & 5 & 5 & 7 \\ 5 & 5 & 7 & 3 & 5 & 3 & 3 \\ 7 & 5 & 5 & 7 & 7 & 5 & 7 \\ 5 & 3 & 5 & 3 & 7 & 3 & 3 \\ 5 & 3 & 3 & 5 & 6 & 3 & 5 \\ 7 & 6 & 5 & 7 & 5 & 4 & 6 \\ 7 & 5 & 7 & 3 & 5 & 5 & 9 \\ 5 & 8 & 5 & 9 & 7 & 6 & 8 \\ 5 & 7 & 7 & 6 & 5 & 7 & 5 \end{pmatrix}$$

(5) 确定分析灰类。

(6) 计算灰色分析系数: 对分析指标 V_{11} , 1# 敌可能的空袭方向属于第 e 个分析灰类的灰色分析系数 $x_{11}^{(e)}$, 按照上节介绍的公式可得 $e=1, x_{11}^{(1)}=5.222; e=2, x_{11}^{(2)}=5.857; e=3, x_{11}^{(3)}=4.6; e=4, x_{11}^{(4)}=0.667; e=5, x_{11}^{(5)}=0$ 。对分析指标, 受评的敌可能的空袭方向属于各个分析灰类的总灰色分析系数 $x_{11}^{(1)}$ 为

$$\sum_{e=1}^5 x_{11}^{(e)} = 16.346$$

(7) 计算灰色评价权向量及权矩阵:

$$R_1^{(1)} = \begin{pmatrix} r_{11}^{(1)} \\ r_{12}^{(1)} \\ r_{13}^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.337 & 0.362 & 0.260 & 0.041 & 0 \\ 0.316 & 0.371 & 0.272 & 0.041 & 0 \\ 0.209 & 0.269 & 0.331 & 0.191 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_2^{(1)} = \begin{pmatrix} r_{21}^{(1)} \\ r_{22}^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.214 & 0.275 & 0.340 & 0.171 & 0 \\ 0.368 & 0.382 & 0.299 & 0.021 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_3^{(1)} = \begin{pmatrix} r_{31}^{(1)} \\ r_{32}^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.325 & 0.366 & 0.268 & 0.041 & 0 \\ 0.325 & 0.366 & 0.268 & 0.041 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_4^{(1)} = \begin{pmatrix} r_{41}^{(1)} \\ r_{42}^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.235 & 0.301 & 0.331 & 0.133 & 0 \\ 0.250 & 0.322 & 0.312 & 0.116 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_5^{(1)} = \begin{pmatrix} r_{51}^{(1)} \\ r_{52}^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.338 & 0.381 & 0.260 & 0.021 & 0 \\ 0.320 & 0.377 & 0.282 & 0.021 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_6^{(1)} = \begin{pmatrix} r_{61}^{(1)} \\ r_{62}^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.332 & 0.373 & 0.274 & 0.021 & 0 \\ 0.327 & 0.367 & 0.263 & 0.043 & 0 \end{pmatrix}$$

(8) 对 U_1, U_2, \dots, U_6 做综合分析, 其综合分析结果分别为

$$B_1^{(1)} = A_1 \cdot R_1^{(1)} = (0.270, 0.322, 0.306, 0.102, 0)$$

$$B_2^{(1)} = A_2 \cdot R_2^{(1)} = (0.317, 0.346, 0.266, 0.071, 0)$$

$$B_3^{(1)} = A_3 \cdot R_3^{(1)} = (0.325, 0.366, 0.268, 0.041, 0)$$

$$B_4^{(1)} = A_4 \cdot R_4^{(1)} = (0.245, 0.215, 0.318, 0.122, 0)$$

$$B_5^{(1)} = A_5 \cdot R_5^{(1)} = (0.329, 0.379, 0.271, 0.021, 0)$$

$$B_6^{(1)} = A_6 \cdot R_6^{(1)} = (0.330, 0.371, 0.270, 0.029, 0)$$

(9) 对 W 做综合分析, 则得第 1 种敌可能的空袭方向的总灰色评价权矩阵 $R^{(1)}$ 为

$$R^{(1)} = [B_1^{(1)}, B_2^{(1)}, B_3^{(1)}, B_4^{(1)}, B_5^{(1)}, B_6^{(1)}]^T$$

于是, 对于 1# 敌可能的空袭方向 W 做综合分析, 其综合分析结果 $B^{(1)}$ 为

$$B^{(1)} = A \cdot R^{(1)} = (0.304, 0.348, 0.284, 0.064, 0)$$

(10) 计算综合分析值并排序: 1# 敌可能的空袭方向的综合评价价值 $W^{(1)}$ 为

$$W^{(1)} = B^{(1)} \cdot C^T = (0.304, 0.348, 0.284, 0.064, 0) \cdot (9, 7, 5, 3, 1)^T = 6.784$$

同理, 可计算 2#, 3# 敌可能的空袭方向的综合评价价值为 $W^{(2)}=7.2, W^{(3)}=6.376$ 。

因为 $W^{(2)} > W^{(1)} > W^{(3)}$, 所以敌可能的空袭方向的排序为 2#, 1#, 3#, 即敌最可能的空袭主要方向为东南方向。

结束语 本文通过运用层次分析法和灰色决策理论, 对敌空袭的可能方向进行了评价; 对于在不完全信息情况下判定敌主要空袭方向上做了一定的探索。通过对敌主要空袭方向的判定, 可以为要地防空作战决策提供依据。

参考文献

- [1] 刘凤成, 等. 防空兵战术[M]. 北京: 军事科学出版社, 2001
- [2] 程启月. 作战指挥决策运筹分析[M]. 北京: 军事科学出版社, 2004
- [3] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 开封: 河南大学出版社, 1991
- [4] 曹军, 胡万义. 灰色系统理论与方法[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993
- [5] 胡笙煌. 层次灰色评价软件科学研究成果[J]. 科学管理研究, 1995(1)